

一例变压器微机差动保护误动原因的分析及对策

鲍有理¹, 刘容容¹, 季东方², 许小兵¹, 陈俊³

(1. 江苏无锡供电公司, 江苏 无锡 214061; 2. 国电南自股份有限公司, 江苏 南京 210003;

3. 江苏金坛供电公司, 江苏 金坛 213200)

摘要: 变压器微机型差动保护误动的原因较多, 该文以终端变在进线上发生接地故障时终端变主变差动保护误动为例, 仔细分析误动产生的原因, 并分析各种差动保护消除零序电流的措施。文中所有的事例均源于现场, 从控制字的整定、容量或变比计算两个方面加以分析, 希望引起同行们的注意。

关键词: 消除零序电流; 差动保护控制字; 整定计算; 对策

One case of mistaken transformer differential protection cause's analysis and countermeasures

BAO You-li¹, LIU Rong-rong¹, JI Dong-fang², XU Xiao-bing¹, CHEN Jun³

(1. Jiangsu Wuxi Power Supply Company, Wuxi 214061, China; 2. Guodian Nanjing Automation Company, LTD, Nanjing 211103, China; 3. Jiangsu Jintan Power Supply Company, Jintan 213200, China)

Abstract: As the existence of many causes of microprocessor-based transformer differential protection, by the example of the wrong action when the supply line in the terminal transmit has a grounded fault, this paper thoroughly analyzes the causes of wrong action and also proposes the measures of all kinds of differential current to eliminate zero-sequence current. The examples listed all come from working spot. It analyzes three aspects including setting of control character, capacity and ratio calculating. It is hoped that people working for this domain should pay more attention to these aspects.

Key words: eliminating zero-sequence current; control character of differential protection; setting calculation; countermeasures

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2008)10-0078-03

0 引言

随着变压器微机型差动保护(下文均用差动保护代替)的广泛应用, 一个突出的问题就是差动保护误动事故时有发生。研究其误动的一个重要原因是差动保护区外故障时零序电流影响到差动保护动作的正确性。

1 案例分析

图1所示, 线路MN上发生A相接地故障时, 终端变的主变T的差动保护误动作跳开主变两侧开关。



图1 终端变区外故障

Fig.1 External fault of terminal transmission

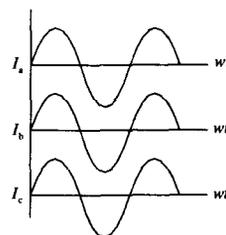


图2 故障时的差流波形

Fig.2 Differential waveforms of fault

提取差动保护动作的波形如图2所示, 发现A相接地故障时, 三相故障电流的幅值和相位相等。由图1得到故障时的复合序网图3。MN线A相接地故障时, 终端变一侧的正序阻抗、负序阻抗由于从变压器Y侧看很大, 即故障时无正序电流 I_1 、负序电流 I_2 流过变压器。零序网络的存在就有零序电流 I_0 的产生。

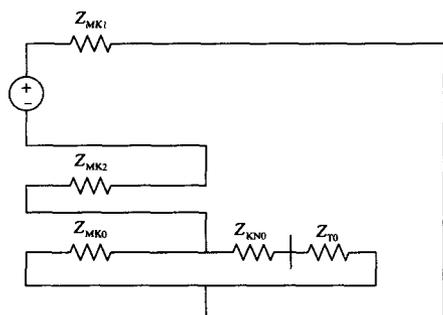


图3 故障序网图

Fig.3 Fault sequence diagram

$$I_a = I_{a1} + I_{a2} + I_0 \text{ 得: } I_a = I_0$$

根据公式: $I_b = I_{b1} + I_{b2} + I_0 \text{ 得: } I_b = I_0$

$$I_c = I_{c1} + I_{c2} + I_0 \text{ 得: } I_c = I_0$$

即: 三相电流相位和幅值相等, 也正是这个零序电流引起差动保护动作。可见, 分析零序电流对差动保护的影响很必要。

2 对主变各类型的差动保护消除零序电流的分析

电磁型差动保护采用“Y侧的流变二次接成△”方法消除零序电流

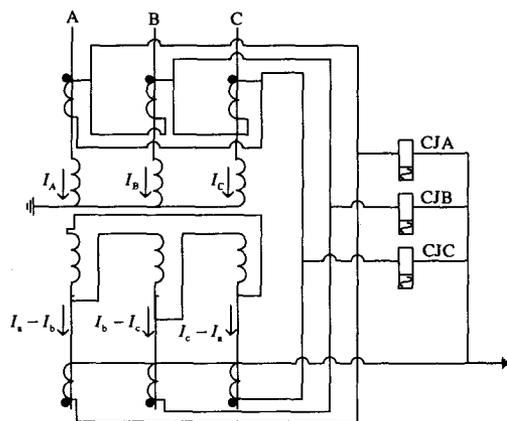


图4 变压器差动的CT接线图

Fig.4 The CT diagram of transformer's differential protection

Y0/△-11 联结组别的变压器, 两侧流变二次接入电磁型差动继电器时必须要将Y侧的流变二次接成三角形; △侧的流变二次接成星形。确定好流变的极性后, 根据变压器的联结组别进行流变二次的Y←→△的变换, 以母线侧为基准确定两侧流变极性, 按图4接线。其目的: 1. 保证变压器两侧的电流量相位进入差动继电器时和一次的电流一致。2. 消

除接地故障时变压器两侧的零序电流 I_0 。在区外接地故障时不受零序电流 I_0 的影响, 差动继电器可靠不动作; 区内接地故障时, 虽然零序电流 I_0 消除了, 但正序故障电流 I_1 和负序故障电流 I_2 足以使差动继电器灵敏动作。

微机差动保护为了满足这两点, 各个厂家均采用了不同的转角方法, 包括变压器Y侧电流移相、△侧电流移相。

南瑞公司 RCS-978 差动保护采取Y侧“相电流减零序电流”方法零序电流消除零序电流

Y侧的计算公式:

$$\begin{cases} I'_A = I_{AH} - I_0 \\ I'_B = I_{BH} - I_0 \\ I'_C = I_{CH} - I_0 \end{cases} \quad (1)$$

式中: I_{AH} 、 I_{BH} 、 I_{CH} 为Y侧流变二次电流, I'_A 、 I'_B 、 I'_C 为差动保护装置转角后的各相电流。

所以, Y侧在减除零序电流 I_0 后, 进入差动保护装置的电流仅含正序电流和负序电流分量。

△侧的计算公式:

$$\begin{aligned} I'_a &= \frac{I_{a\Delta} - I_{c\Delta}}{\sqrt{3}} = \frac{I_{a\Delta} - I_{b\Delta} - (I_{c\Delta} - I_{a\Delta})}{\sqrt{3}} \\ &= \frac{3I_{a\Delta} - (I_{a\Delta} + I_{b\Delta} + I_{c\Delta})}{\sqrt{3}} = \frac{3I_{a\Delta} - 3I_{D\Delta}}{\sqrt{3}} \\ I'_b &= \frac{I_{b\Delta} - I_{a\Delta}}{\sqrt{3}} = \frac{3I_{b\Delta} - 3I_{D\Delta}}{\sqrt{3}} \\ I'_c &= \frac{I_{c\Delta} - I_{b\Delta}}{\sqrt{3}} = \frac{3I_{c\Delta} - 3I_{D\Delta}}{\sqrt{3}} \end{aligned} \quad (2)$$

式中: $I_{a\Delta}$ 、 $I_{b\Delta}$ 、 $I_{c\Delta}$ 为△侧流变二次电流, I'_a 、 I'_b 、 I'_c 为装置处理后的各相电流。

观察式(1)、(2), 因为Y侧的 I_0 和△侧 $I_{D\Delta}$ 在正常运行和区外故障时是相同属性的, 因此Y侧将零序电流也减去了, 这样Y侧和△侧的电流在差动保护中的电流分量是一致的: 均没有零序电流产生, 角度是一致的。

国电南自的 PST-1200 差动保护采用Y侧的“本相电流减滞后相电流”方法消除零序电流。

Y侧的算法如下:

$$\begin{aligned} I'_A &= (I_A - I_B) / \sqrt{3} \\ I'_B &= (I_B - I_C) / \sqrt{3} \\ I'_C &= (I_C - I_A) / \sqrt{3} \end{aligned}$$

将这个表达式作相量图5中的“Y侧电流移相

图”，比较图 5 “ Δ 侧电流的相位”，可见 Y 侧电流移相后和 Δ 侧电流的相位是一致的，也没有零序电流产生。

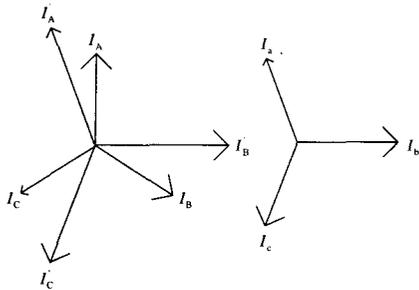


图 5 Y 侧电流移相图/ Δ 侧电流的相位

Fig.5 Current displacement diagram of Y side/current phasor diagram of triangle side

电磁型差动保护将变压器的 Y 侧流变二次绕组串接为 Δ ，保证零序电流 I_0 不会流入差动保护， Δ 侧零序电流 I_0 自环，也不会流入差动保护。故差动继电器中没有零序电流 I_{k0} 流入。

微机型差动保护利用软件计算消除零序电流 I_0 。即数字化完成了流变二次的三角形连接，故差动保护在接地故障时也是没有 I_0 的。

如果差动保护的控制字整定出错，在区外故障时就可能误跳运行的主变。

3 防止差动保护误动的对策

1) 整定计算人员必须深入理解差动保护的控制字。

首先，核实主变压器的联结组别，以便选择合适的控制字。正确的联结组别控制字能满足区外接地故障时差动保护消除零序电流 I_0 ，达到无差流的目的。

其次，理解电流转角的目的：转角后的二次电流必须正确地反应一次电流，保证区外故障时差动保护作出正确的判断。如果 $Y_0/Y_0/\Delta-12-11$ 的联结组别在整定时按 $Y_0/Y_0/Y-12-12$ 的联结组别整定，一旦保护区外故障，流过差动保护的穿越电流由于两侧电流相位差所产生差流导致差动保护误动。何况 35 kV 系统里馈线上短路事故频发，相间故障时馈线保护可能还没有来得及动作，主变差动保护因电流转角不正确产生的差流已经出口跳闸了。

再次，差动保护没有整定所有的分支回路，如 $Y_0/Y_0/\Delta/\Delta-12-11-11$ ， Δ 侧两只分支开关的流变分别接入差动保护，而整定时却将 Δ 侧按和电流

方式整定为 $Y_0/Y_0/\Delta-12-11$ ，忽略了另一个 Δ 侧，差动保护天生就有差流产生，负荷电流增大必然“差流越限”报警；区外故障时必然导致差动保护误动。

2) 整定计算人员必须深入理解差动保护的整定值计算。

首先，差动保护整定计算时应该按全容量计算变压器低压侧额定电流，不能按低压侧的实际容量计算。如 500 kV 主变压器联结组别为 $Y_0/Y_0/\Delta-12-11$ ，三侧容量为 750 MVA / 750 MVA / 240 MVA，计算出高压侧额定电流 866 A，中压侧额定电流 1883A，低压侧额定电流 12028 A。低压侧额定电流不应该计算为 $240 \text{ MVA} / 36 \text{ kV} \cdot \sqrt{3} = 3850 \text{ A}$ 。且流变变比太大：500 kV：3200/1、230 kV：3200/1、35 kV：5000/1，带主变差动保护负荷测试时仅用一组 60 Mvar 电抗器作为负荷电流，是无法观察到实际差流的存在。

其次，核实主变各侧开关流变的变比，防止流变变比整定错误。某主变压器 110 kV 侧开关流变变比为 200/5，整定时整定为 300/5，用一组电容器作为负荷电流检测差动保护是无法观察差流扁大的。

3) 调试人员必须能够正确地做好差动保护的电流平衡性试验。

调试人员要学会计算主变压器各侧的额定电流，有利于正确施加合适的电流进入差动保护来观察差流的数值。如果电流平衡性试验时差流偏大，应该仔细思考施加电流的数值和相位的正确性。此举是验证区外故障时差动保护动作行为的最好方法。

4) 做好投运前的带负荷测试工作

尽可能调整系统运行方式以满足变压器投运时差动保护带负荷测试的要求。在主变压器带上超过 20% 的额定电流后，很容易发现差动保护中是否存在差流。不能够只用一组电容器或电抗器作为带负荷测试的电流，这样小的负荷电流无法观察差流的数值，如果差动保护确实有问题也失去了最后一次消除失误的机会。

4 结束语

保证主变压器差动保护动作的正确性对系统的稳定运行至关重要。为了防止差动保护出现各种错误（现场施工、整定计算），作为整定计算人员必须仔细阅读、理解保护说明书，核实现场的实际情况，作出正确的整定；现场调试人员要正确理解差动保护的各项作业要点，认真思考、力争正确无误地投运主变差动保护。

（下转第 88 页 continued on page 88）

发电机差动保护采用比例制动特性。当发电机差动保护额定电流 I_e 为 5 A、最小动作电流为

0.2 I_e (1 A)、拐点电流为 0.7 I_e (3.5 A) 和制动系数为 0.2 时,其动作特性如图 1 所示。

表 3 不同时刻差动保护差动和制动电流

Tab.3 The difference current and restraint current of differential protection at different time

t/s	差动电流 i_{dit}/A		制动电流 i_{res}/A		t/s	差动电流 i_{dit}/A		制动电流 i_{res}/A	
	A相	C相	A相	C相		A相	C相	A相	C相
0	0	0	49.20	49.20	0.30	1.019	2.91	24.46	23.56
0.01	0.050	0.148	46.80	46.71	0.40	1.189	3.23	13.64	12.75
0.05	0.250	0.492	38.00	37.82	0.50	1.189	3.35	7.130	6.28
0.07	0.365	0.720	34.10	34.00	0.60	1.245	3.35	3.230	2.63
0.10	0.226	1.034	71.66	70.83	0.70	1.245	3.29	0.790	0.130
0.20	0.753	2.410	42.28	41.26	0.80	1.245	3.29	0.566	1.30

由表 3 可知,当 $t=0.7$ s 时,由电流非周期分量产生的 A 相和 C 相差动电流分别为 1.25 A、3.29 A,(负荷电流产生的差动电流很小);而由电流非周期分量产生的制动电流分别为 0.790 A、0.130 A;计及负荷电流 2.88 A (0.7 s 时的瞬时值为 2.04 A),制动电流分别为 2.83 A、2.17 A,均小于拐点电流;差动电流大于最小动作电流,所以,发电机 A 相和 C 相差动继电器均动作,从而导致发电机差动保护动作。

为了防止此类事故的发生,可采取以下一些措施:

(1) 当两侧 CT 励磁阻抗值不相同,可改变二次回路中的电阻值(如改用线径粗或细的电缆),使两侧 CT 的时间常数尽可能一致。

(2) 发电机差动保护应滤波,削弱非周期分量的影响。

(3) 在发电机出线附近发生永久性故障时(可由录波图判别),严禁强送电,因为,此种情况下的短路电流一般都非常大。

4 结语

由于发电机差动保护两侧 CT 特性及二次回路参数存在差异,导致非周期分量衰减时间常数不一致,当在 110 kV 线路出口处发生短路故障时,由于故障电流非常大,故障切除后(由其它保护切除,如线路保护),经过一定延时,差动电流超过差动保护的的动作值,从而造成发电机差动保护误动。

参考文献

- [1] 王维俭,侯炳蕴.大型机组继电保护理论基础[M].北京:水利电力出版社,1982.
WANG Wei-jian,HOU Bing-yun. The Theory Based on the Relay Protection of Large-scale Unit[M]. Beijing:Hydraulic and Electric Power Press,1982.

收稿日期:2007-09-12

作者简介:

谌争鸣(1957-),男,工学硕士,从事发变组保护的研究等。E-mail: chenzhengming163@163.com

(上接第 80 页 continued from page 80)

参考文献

- [1] 国电南自 PST-1200 系列说明书[Z].
SAC PST-1200 Series Manual[Z].
- [2] 南瑞 RCS-978 差动保护调试说明书[Z].
NARI RCS-978 Differential Protection Debugging Manual[Z].
- [3] ABB 保护调试说明书[Z].
ABB Protection Debugging Manual[Z].
- [4] 电力系统继电保护技术问答[M].北京:中国电力出版社.
The Questions and Answers of RELAY in Power System[M]. Beijing: China Electric Power Press,2002.
- [5] 王维俭.电气主设备继电保护原理与应用[M].北京:中

国电力出版社,1996.

WANG Wei-jian. Electric Equipment Relay Protection Theory and Application[M]. Beijing:China Electric Power Press,1996.

收稿日期:2008-02-29;

修回日期:2008-04-01

作者简介:

鲍有理(1966-),男,本科,工程师,从事电力系统继电保护专业技术管理工作;

刘容容(1970-),女,本科,工程师,从事电力系统二次专业设计工作;

季东方(1974-),男,大学,学士,工程师,从事电力系统设备维护及技术支持工作。